



Universidade de Brasília

Átila da Silva Ferreira

Determinação da erosividade da chuva com base em dados
medidos no Distrito Federal.

Planaltina – DF

2017

Átila da Silva Ferreira

Determinação da erosividade da chuva com base em dados
medidos no Distrito Federal.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial a obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Dr. Jorge Enoch Furquim Werneck Lima.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento.

Planaltina – DF

2017

Ferreira, Átila da Silva.

Determinação da erosividade da chuva com base em dados medidos no Distrito Federal. / Átila da Silva Ferreira. Planaltina – DF, 2017.

Trabalho Teórico-Empírico – Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília.

Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental.

Orientador: Jorge Enoch Furquim Werneck Lima.

Coorientador: Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento

1. USLE. 2. EUPS. 3. Erosão. 4. Cerrado. I. Ferreira, Átila da Silva. II. **Determinação da erosividade da chuva com base em dados medidos no Distrito Federal.**

Átila da Silva Ferreira

Determinação da erosividade da chuva com base em dados medidos no Distrito Federal.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental da Faculdade UnB Planaltina, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Banca Examinadora:

Planaltina, 16 de janeiro de 2017.

Dr. Jorge Enoch Furquim Werneck Lima – Embrapa Cerrados
(Orientador)

MSc. Sara Ferrigo – UnB
(Examinador)

Prof. Dr. Luiz Felipe Salemi – UnB/FUP
(Examinador)

RESUMO

A erosão hídrica é um dos processos mais prejudiciais ao solo. Afeta diretamente as áreas destinadas a agricultura e os grandes centros urbanos, sendo seu grande motor as águas decorrentes de chuvas, que é um dos principais fatores que influenciam a erosão. Existem várias ferramentas a fim de evitar esse tipo de problema, o manejo correto do solo e práticas conservacionistas são alguns exemplos. Com o intuito de mensurar o quanto de solo pode ser perdido pelo processo de erosão hídrica, foi criada a Equação Universal de Perdas de Solos (*Universal Soil Loss Equation*). Um dos parâmetros da EUPS (USLE) é o fator R denominado de fator erosividade da chuva que expressa a capacidade da chuva erodir um solo desprotegido. Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi determinar a erosividade da chuva com base em dados medidos no Distrito Federal. A coleta dos dados foi realizada na estação experimental da Embrapa Cerrados no período entre agosto de 2013 e setembro de 2016. Os dados foram coletados através de um pluviômetro de balsa automática. Determinado os índices de erosividade destes meses, foi possível correlacionar os valores mensais encontrados com os valores precipitados. Foi utilizado o estudo de referência (DEDECEK, 1978) feito na mesma região, para fazer uma comparação entre os índices mensais e anuais encontrados, correlacionando com os valores precipitados de cada respectivo mês e ano. Ao final, analisando os resultados deste estudo, será possível verificar em qual mês ou período, a chuva terá um maior potencial erosivo, e verificar as mudanças desde o último estudo conduzido. Portanto, este estudo poderá ser usado como ferramenta nas medidas de prevenção dos processos de erosão hídrica no cerrado, onde é evidente o crescimento de áreas agrícolas no cenário atual.

Palavras-chave: Erosão. Cerrado. USLE. EUPS.

ABSTRACT

Water erosion is one of the most damaging processes in the soil. It affects directly the areas destined to agriculture and the great urban centers, being its great engine the waters from rainfall, which is one of the main factors that influence the erosion. There are several tools to avoid this type of problem, correct soil management and conservation practices are just a few examples. In order to measure how much soil can be lost by the process of water erosion, the Universal Soil Loss Equation was created. One of the parameters of the EUPS (USLE) is the R factor called the rain erosivity factor which expresses the ability of rain to erode an unprotected soil. In view of the above, the objective of this work was to determine rainfall erosivity based on data measured in the Federal District. Data collection was performed at the Embrapa Cerrados experimental station in the period between August 2013 and September 2016. Data were collected through an automatic weighing gauge. After determining the erosivity indices of these months, it was possible to correlate the monthly values found with the precipitated values. The reference study (DEDECEK, 1978) made in the same region was used to compare the monthly and annual indexes, correlating with the precipitated values of each respective month and year. At the end, analyzing the results of this study, it will be possible to verify in which month or period the rain will have a greater erosive potential, and verify the changes since the last study conducted. Therefore, this study can be used as a tool in the prevention measures of the water erosion processes in the cerrado, where the growth of agricultural areas in the current scenario is evident.

Keywords: Erosion. Cerrado. USLE. EUPS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS.....	8
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLOS	8
3.2. FATOR EROSIVIDADE DA CHUVA (R)	9
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. ÁREA DE ESTUDO	12
4.2. COLETA DE DADOS	12
4.3. CÁLCULO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE DA CHUVA.....	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20

1. INTRODUÇÃO

Os processos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos são fenômenos naturais, mas que podem ser agravados pela interferência antrópica, principalmente com mudanças no uso e cobertura do solo. Por outro lado, alterações nos processos erosivos também podem representar impactos negativos diretos nas atividades desenvolvidas pelo homem.

Com o intuito de prever as perdas de solo, foi criada a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), que é um modelo empírico que estima a perda de solo de uma área considerando seus fatores naturais (chuva, solo, relevo e vegetação/cobertura do solo) e técnicas de manejo ou ações conservacionistas.

A chuva é responsável pelo processo erosivo que mais afeta o solo, a erosão hídrica. É um dos parâmetros presente neste modelo que utiliza essencialmente a variável chuva, é o fator R ou fator erosividade da chuva, que representa, em forma numérica, o quanto determinada chuva pode ser prejudicial ao solo. Este fator pode ser considerado alicerce da EUPS, pois a água da chuva age como componente erosivo por meio do impacto das gotas ao solo e da geração do escoamento superficial (BERTONI, LOMBARDI NETO, 2014; MORGAN, 1997). Para o estudo da erosividade, os registros advindos de pluviógrafos que registram a intensidade da chuva são fundamentais, no entanto, estes dados em muitos locais são escassos ou em alguns casos inexistentes.

Conhecer o índice de erosividade da chuva em uma determinada localidade permite um melhor planejamento em relação ao uso e manejo do solo, determinando melhores períodos para o plantio e adoção de práticas conservacionistas como, por exemplo, o terraceamento no âmbito da agricultura. Permite também um melhor planejamento urbano em relação às estruturas de águas pluviais considerando essencialmente a quantidade de água precipitada (BAZZANO et al., 2007).

No Brasil já foram conduzidos vários estudos a fim de estimar a erosividade das chuvas em diferentes regiões (SILVA, 2003; FERRARI et. al., 2011; OLIVEIRA, 2011). Na região do Distrito Federal são registrados poucos estudos com o propósito de estimar a erosividade das chuvas com base em dados de pluviógrafos, como os de Dedeczek (1978; 1988).

2. OBJETIVOS

Diante do exposto, este trabalho teve como finalidade estimar a erosividade da chuva em uma região do Distrito Federal, fazer correlação dos dados de erosividade com os valores precipitados, e comparar os resultados com o trabalho de referência para a região (DEDECEK, 1978).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLOS

O processo erosivo consiste no desprendimento e arraste acelerado das partículas de solo causado pela água ou pelo vento, sendo a principal causa do empobrecimento de solos. Além da perda de nutrientes e do solo propriamente dito, a erosão causa sulcos e grotas profundas, que no contexto da agricultura dificulta o trânsito de máquinas impossibilitando o cultivo naquela área. É importante estudar a erosão do solo, pois a mesma pode atingir várias escalas sociais e econômicas, desde o pequeno agricultor que depende da sua produção para subsistência ou uma fazenda de que produz soja em larga escala para importação. Ambas precisam de um elevado índice de produção, que somente é proporcionado por um solo livre de erosão.

Para determinar o grau de erosão e a quantidade de solos perdidos nas planícies agrícolas dos Estados Unidos, no início dos anos 40, pesquisadores iniciaram estudos com a finalidade de desenvolver uma equação para avaliar as perdas de solo. Desde então vários estudos foram conduzidos e com isso algumas equações foram surgindo e com o passar do tempo foram sendo adaptadas, de acordo com as condições do local pesquisado.

Com o objetivo elaborar uma equação única que pudesse estimar a perda de solos em qualquer localidade, as equações obtidas pelos pesquisadores foram se aprimorando e se unificando. Com essas modificações a equação pudera ser utilizada em diferentes condições climáticas ou geográficas, esse modelo de equação única aperfeiçoada denominou-se de equação universal de perdas de solos.

Wischmeier & Smith (1978) coletaram várias séries de dados em diferentes estados americanos por um período de 20 anos e então analisadas, aperfeiçoaram a *Universal Soil Loss Equation (USLE)* ou Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) (BERTONI, LOMBARDI NETO, 2014). A equação desenvolvida por Wischmeier & Smith (1978) retrata

a ação dos principais fatores que influenciam a erosão pela chuva, e é expressa da seguinte forma:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Onde:

A = quantidade de solo perdido por unidade de área, t/ha;

R = fator erosividade da chuva, índice de erosão pela chuva;

K = fator erodibilidade do solo, indica a resistência do solo a erosão;

L = fator comprimento da rampa;

S = fator declividade do solo;

C = fator uso e manejo, indica o efeito da vegetação;

P = fator práticas conservacionistas, indica a eficiência as práticas de manejo do solo;

3.2. FATOR EROSIVIDADE DA CHUVA (R)

O método de avaliar a capacidade de causar erosão das chuvas é considerado o alicerce da equação universal de perdas de solo (BERTONI, LOMBARDI NETO, 2014). Essa variável presente na EUPS é o fator R intitulado de erosividade das chuvas, que é a capacidade da chuva em erodir um solo exposto.

As perdas de solos decorrentes de chuvas erosivas estão imediatamente relacionadas pela multiplicação de duas características da chuva: a energia cinética total do evento e a intensidade máxima em 30 minutos (WISCHMEIER, SMITH, 1958). Esse produto constitui o índice de erosividade das chuvas e a melhor relação para medir a potencialidade erosiva da chuva.

Então para o cálculo da erosividade, se faz necessário, a obtenção de registros pluviográficos que registram a intensidade da chuva. No entanto registros de pluviógrafos são escassos ou em muitas das vezes inexistentes em várias localidades, impossibilitando através deste meio o acesso aos dados de intensidade das chuvas. Estes que além de serem de difícil acesso, são extremamente complicados e trabalhosos a sua leitura e avaliação. Porém, o pluviômetro com *datalogger* pode ser utilizado como alternativa para se obter os dados de intensidade das chuvas, (MACHADO et. al., 2014).

Devido às dificuldades encontradas para estimar a erosividade da chuva utilizando registros pluviográficos, vários autores criaram métodos para mensurar a erosividade das

chuvas levando em consideração condições climáticas de cada região estudada (BERTONI, LOMBARDI NETO, 2014).

Utilizando-se de 22 anos de dados pluviométricos, Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) desenvolveram a seguinte equação para encontrar o fator R com base na precipitação média mensal e a média anual, onde se obteve um alto grau no coeficiente de determinação, validando o método:

$$EI = 67,355 * (r^2/P)^{0,85}$$

Onde:

EI = média mensal do índice de erosão;

r = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm);

Para que o método baseado na pluviometria seja eficaz, deve-se usar uma série de dados de 20 anos ou mais para determinação exata do índice de erosividade das chuvas. Utilizando uma série de dados de longo período, a equação que se baseia na pluviometria mostrou uma relativa precisão em comparação com os valores médios mensais de erosividade encontrados em cada localidade de acordo com o estudo. (LOMBARDI NETO, MOLDENHAUER, 1992).

Foram feitos estudos utilizando os métodos propostos por Wischmeier & Smith (1978) juntamente com o de Bertoni & Lombardi Neto (1992) a fim de relacionar e estimar a erosividade dos mesmos. Um deles apresentou os primeiros índices de erosividade para a região dos planaltos cársticos da borda do Planalto Atlântico, utilizando vários pontos de coleta de dados pluviométricos e na escala temporal pré-estabelecida, onde foi encontrado um alto nível de significância e correlação com os dados obtidos a partir de pluviogramas. (FERRARI et. al., 2011).

Já outro estudo utilizou uma série curta de dados para estimar a erosividade das chuvas em Dourados-MS, onde o mesmo concluiu que os dados gerados podem ser alternativas para determinar a erosividade média mensal e anual das chuvas em regiões de climas semelhantes a que foi desenvolvida a equação de erosividade com base na precipitação. (OLIVEIRA, 2011).

Já em região de clima semelhante ao do Distrito Federal, local do estudo proposto, foi conduzido um estudo com objetivo de estipular o índice de erosividade em Goiânia-GO

utilizando os métodos propostos por Wischmeier & Smith (1978) e utilizando também o índice $KE > 25$ que se baseia em chuvas com intensidade maior que 25 mm-1 h-1 . (SILVA, 1997)

Por fim, dois estudos que abordaram especificamente a erosividade no Distrito Federal foram conduzidos nos anos de 1978 e 1988 (DEDECEK, 1978; 1988), utilizando o modelo baseado em pluviogramas. Estes, sendo como base para vários estudos de erosividade conduzidos nos cerrados e também citado em outros estudos quando se trata do tipo de chuva que mais influência no aumento do fator erosividade se ela é frontal ou convectiva.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

Os dados foram coletados em uma área experimental inserida na unidade da Embrapa Cerrados – CPAC, localizada em Planaltina, DF (Latitude 15°36'3.36"S, Longitude 47°43'6.11" O) (Figura 1) onde o clima da região é classificado como Cwa de acordo com a classificação climática de Koppen-Geiger tendo temperatura média de 21,7° C e média pluvial de 1540 milímetros anuais. (ALVARES et. al., 2014), o tipo de solo encontrado é classificado como Latossolo Vermelho Escuro (SANTOS, 2011).

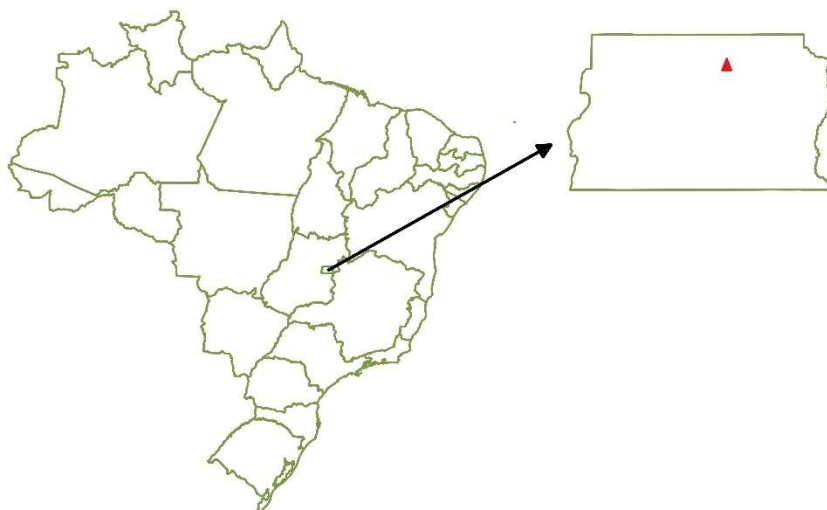


Figura 1 - Localização da área de estudo no Distrito Federal representado pelo triângulo vermelho.

4.2. COLETA DE DADOS

No presente trabalho foi utilizado o pluviômetro de báscula automático da marca Onset modelo RG3 do Laboratório de Hidrometria da Embrapa Cerrados. Ele registra continuamente cada basculada equivalente a 0,28 mm de chuva em intervalos de 15 minutos. Estes dados são registrados no *datalogger* que posteriormente vem a ser baixados em visitas no campo. Os pluviômetros foram calibrados para que fossem evitados valores de chuvas superiores ou inferiores aos reais que podem comprometer os estudos hidrológicos (FERREIRA et al., 2015). Utilizando os dados coletados, foi possível fazer a montagem e leitura dos pluviogramas para análise das chuvas.

Denomina-se ano hidrológico o período em que começa e termina o ciclo de chuva de uma determinada região. No Distrito Federal, este período se inicia em setembro e termina em

agosto. Com isso, o período de coleta dos dados deste trabalho foi entre os meses de setembro de 2013 e agosto de 2016.

4.3. CÁLCULO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE DA CHUVA

A princípio, para o cálculo da erosividade da chuva, foi definida cada chuva individual e quais destas foram classificadas como erosivas seguindo os critérios estabelecidos por Wischmeier (1959). Onde chuva individual é aquela separada da outra por um período mínimo de 6 horas sem precipitação ou menos de 1 milímetro no período. E chuva erosiva sendo aquela onde ocorre uma precipitação de 10 milímetros ou mais no período ou 6 milímetros no período de 15 minutos.

A fim de obter a energia cinética da chuva, foi utilizada a equação de Wischmeier & Smith (1978) convertida para o Sistema Internacional de Unidades, sendo ela:

$$Ec = 0,119 + 0,0873 * \log(I)$$

Em que:

Ec = Energia Cinética ($MJ ha^{-1}$).

I = Intensidade do Segmento da Chuva (mm/h^{-1})

Com as chuvas e os valores de energia cinética definidos, foi aplicada a equação elaborada por Wischmeier & Smith (1978) para o cálculo da erosividade daquele determinado evento de chuva. Para se obter o índice de erosividade ($Ei30$) foi necessário multiplicar a energia cinética total obtida durante o evento de chuva, pela intensidade máxima em 30 minutos durante o mesmo evento de chuva, expressada pela seguinte fórmula:

$$Ei30 = Ect * I30$$

Onde:

$Ei30$ = Índice de Erosividade ($MJ mm ha^{-1} h^{-1}$)

Ect = Energia Cinética Total ($MJ ha^{-1}$).

$I30$ = Intensidade máxima em 30 minutos (mm/h^{-1})

Para os cálculos do Ei30 foi utilizado o método apresentado pela tabela 1, onde foi definido o começo do evento de chuva, e a divisão em intervalos de 30 minutos. Com os valores precipitados em cada segmento, foi calculada a intensidade de cada intervalo.

Definidos os valores de intensidade, foi aplicada a fórmula da energia cinética em cada segmento de 30 minutos da chuva. Utilizando os dados de energia cinética definidos, foi feita a multiplicação da mesma pelo valor precipitado no segmento, a fim de obter a energia cinética total daquele segmento de chuva.

Por fim, é feita a soma de todos os valores de energia cinética do evento de chuva, depois a multiplicação do produto dessa soma pela intensidade máxima do evento de chuva.

DATA	Etapas Ei30			
14/02/2016	HORA	23:46	00:17	00:48
	TEMPO	00:30	00:30	00:30
	PRECIPITADO	15,1	23,0	0,5
	INTENSIDADE	30,2	45,9	1,1
	ENERGIA CINÉTICA	0,2	0,3	0,1
	ENERGIA CINÉTICA TOTAL	3,8	6,1	0,1

Prec	48,5
EcT	9,9
Ei30	453,5

Tabela 1 – Exemplo do método utilizado para cálculo da erosividade de um evento de chuva, onde Ei30 é o índice de erosividade das chuvas, EcT é a energia cinética total do evento e Prec é o valor precipitado no período.

Os valores dos índices de erosividade de cada mês se deram pela somatória de cada índice em seu devido mês e dos anos hidrológicos da mesma forma.

Foram feitas análises de correlação, em diagramas de dispersão dos valores encontrados de erosividade da chuva, com os valores precipitados de cada mês. Com a finalidade de estabelecer uma relação entre a potencialidade da chuva em erodir um solo e a quantidade precipitada naquele período.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas, conforme critério proposto por Wischmeier (1959), 201 chuvas erosivas no período de estudo. Sendo que a média encontrada dos índices de erosividade destas foi de $151 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e de precipitação foi de 18,5 mm. Dentre essas, a que apresentou o maior potencial erosivo foi a do dia 16 de dezembro de 2014, que apresentou um índice de $1.942 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ que equivale a 13% do total anual do ciclo 2014/2015.

Os valores de erosividade mensais e anuais encontrados com base nestas chuvas estão expressos na Tabela 2, em que é possível verificar os valores precipitados e os índices de erosividade (Ei30) de cada mês e o total de cada ano hidrológico.

Os índices de erosividade foram mais altos entre os meses de outubro e abril destacando os meses de novembro, março e abril. Em janeiro de 2016 também foi encontrado um alto índice de erosividade, equivalente a 50% do total anual do ciclo 2015/2016, no entanto, os meses de março e abril de 2016 apresentaram valores bem abaixo dos outros anos medidos, representando apenas 1% do total anual de erosividade.

Mês	2013/2014		2014/2015		2015/2016	
	Chuva (mm)	Ei30 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Chuva (mm)	Ei30 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Chuva (mm)	Ei30 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$)
Setembro	51,03	353,11	4,32	0,00	7,56	4,93
Outubro	153,36	890,70	92,88	202,10	126,09	676,72
Novembro	223,65	2220,26	290,79	3172,70	183,33	1747,78
Dezembro	160,65	513,92	382,59	3858,16	97,74	251,82
Janeiro	58,86	261,52	111,78	554,67	464,40	3184,04
Fevereiro	39,96	172,03	216,00	741,73	61,56	453,49
Março	365,04	2852,55	325,08	2555,23	73,17	67,86
Abril	148,23	1604,69	345,60	3725,65	0,00	0,00
Maio	0,00	0,00	7,83	10,90	0,54	0,00
Junho	25,11	185,96	0,00	0,00	0,54	0,00
Julho	0,81	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00
Total	1226,70	9054,74	1777,41	14821,14	1015,47	6386,64

Tabela 2 - Valores de chuva e do Índice de erosividade (Ei30) de cada mês juntamente com o total de cada ano hídrico.

A média entre os anos hidrológicos foi de $10.087 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ sendo o ano 2014/2015 o de maior índice de erosividade anual, com $14.821 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. E o ano de 2015/2016 o menor com $6.386 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Fazendo uma análise mensal entre os valores de erosividade da chuva e o volume de chuva (Figura 2), é possível perceber uma leve dispersão das variáveis. No entanto elas ainda possuem uma forte correlação. Quando seguimos a linha de tendência com valores maiores, o comportamento das variáveis é alterado, não seguindo de forma linear como as variáveis mais baixas, tendo o valor de coeficiente de correlação $R^2: 0,89$.

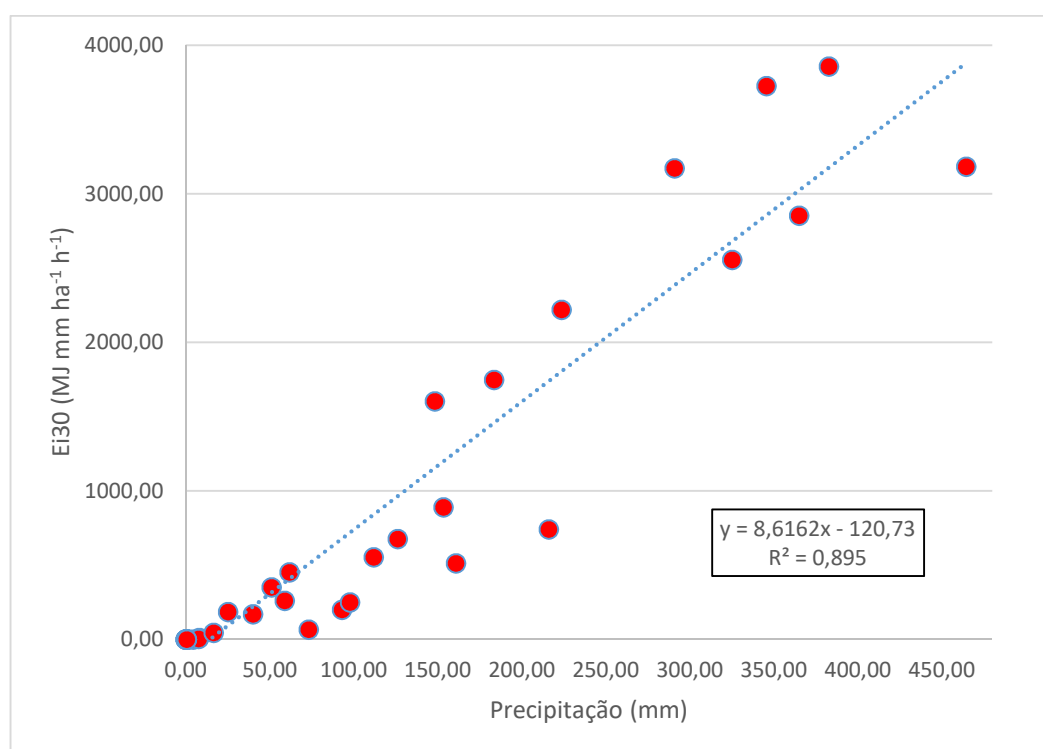


Figura 2 – Relação entre o Ei30 mensal e a Precipitação mensal

Comparando estes resultados com o estudo conduzido no Distrito Federal por Dedeczek (1978), o valor anual médio do índice de erosividade encontrado no presente estudo de $10.087 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ é bem maior que o encontrado naquele período que foi de $8.480 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Houve meses em que a precipitação dos dois estudos foi similar, porém com valores de erosividade diferentes, tendo ocasiões em que os dados coletados neste estudo foram maiores que o do estudo conduzido por Dedeczek (1978). Acontecendo também de forma inversa. Por ter sido um estudo de curta duração, chuvas atípicas podem ter influenciado nesta variação de valores entre os estudos. A mudança no comportamento das chuvas no decorrer destes anos pode ser outro fator que influenciou na variação dos valores.

Fatos que podem explicar a variabilidade dos valores encontrados conforme representados na figura 3.

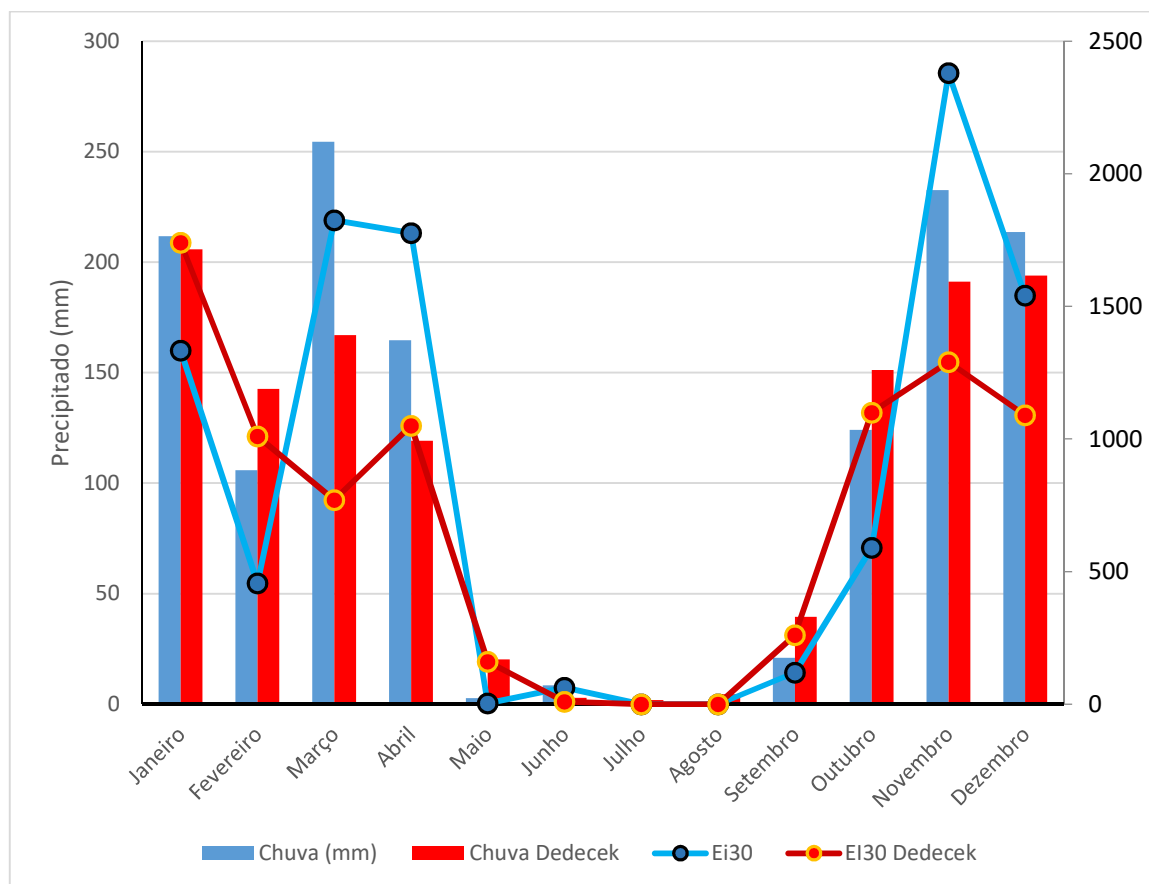


Figura 3 - Comparação da média dos valores precipitados e valores de Ei30 entre o presente estudo e o conduzido por Dedecek (1978)

Observando as correlações lineares dos dois estudos (Figura 4), verificou-se que os anos hidrológicos do presente estudo não se distanciaram da curva de tendência, indicando que o índice de erosividade é altamente relacionado com o volume precipitado no período. Já o de Dedecek (1978), os anos estudados tiveram uma variação superior, mas tendo um comportamento parecido com os dados obtidos neste estudo. Também foi observado que houve um aumento no índice de erosividade em relação ao estudo de Dedecek (1978) que pode ser devido a chuvas intensas, pois mesmo com valores precipitados similares, os índices de erosividade foram diferentes, indicando chuvas mais concentradas.

Por fim, fazendo uma relação entre os dados de erosividades anuais e os valores de precipitação dos dois estudos, obteve-se uma curva, onde os dados do presente estudo não chegaram a tocar na linha de tendência, o que pode ser explicado pela quantidade de chuvas atípicas no período estudado (Figura 5). Aplicando a equação obtida na correlação dos dados anuais, de cada estudo na série histórica de precipitação da estação CPAC – Principal (Embrapa Cerrados) entre 1974 e 2013, o valor médio da erosividade da chuva encontrado foi de $9595 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

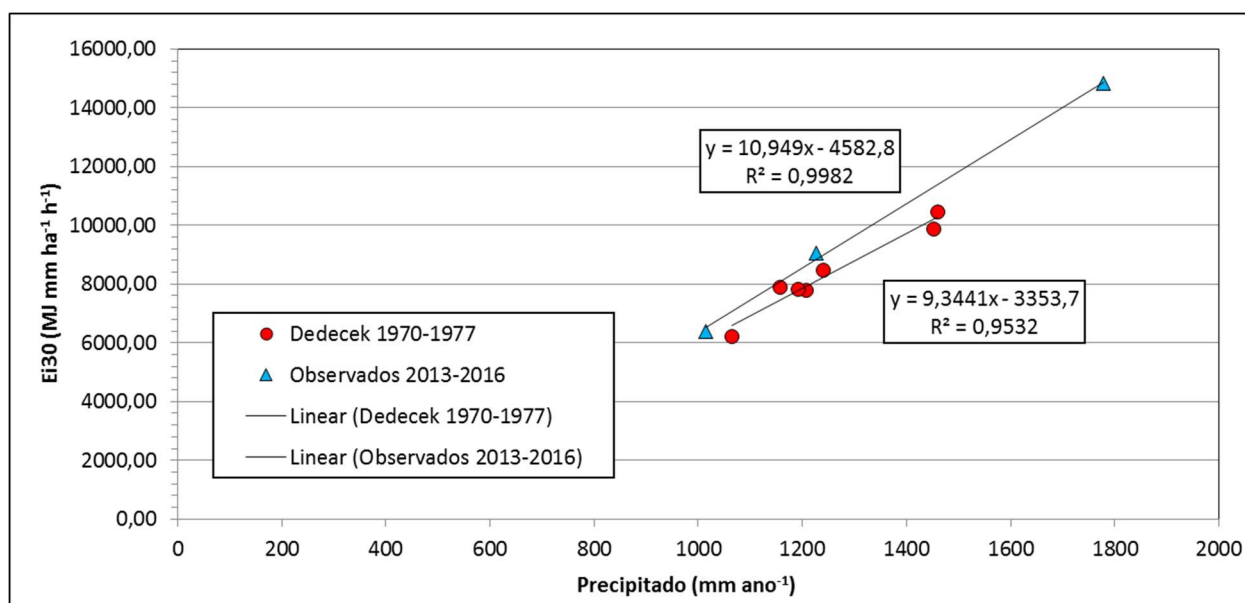


Figura 4 – Curvas de relação entre o índice de erosividade e a precipitação dos dois estudos.

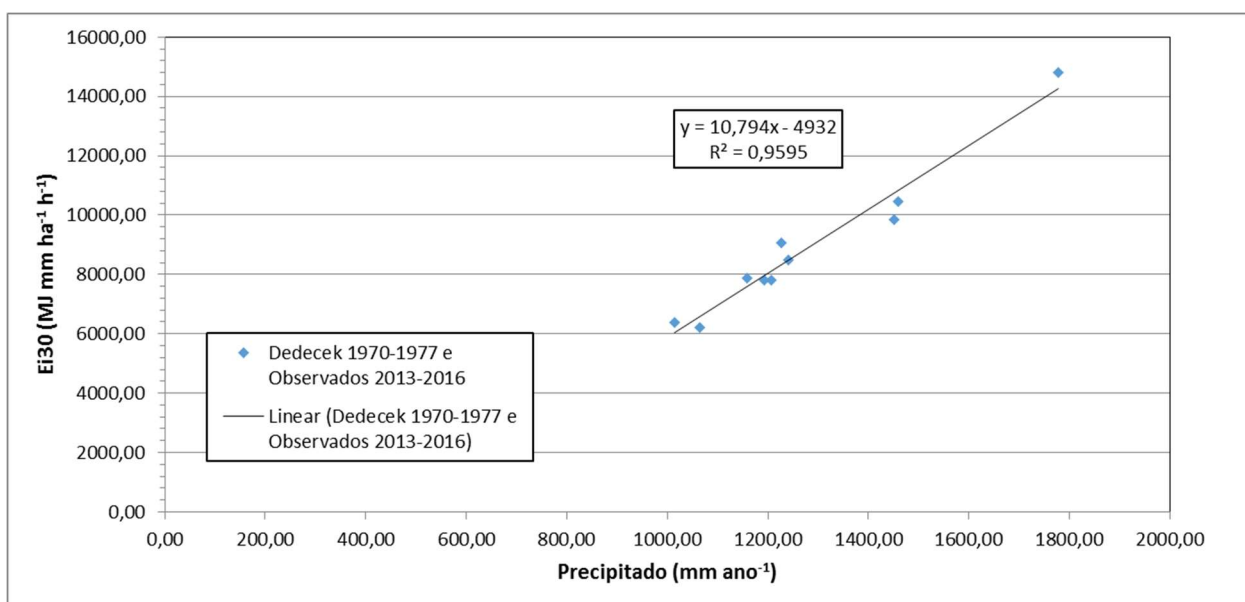


Figura 5 - Relação anual do índice de erosividade e a precipitação entre os estudos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A erosividade média da chuva medida no período entre 2013 e 2016 foi de 10.087 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹.
- O fato de trabalhar com apenas três anos de dados, sendo um deles extremamente chuvoso para a região, impõe limitações ao uso direto da média de erosividade obtida neste trabalho, bem como inviabilizam sua comparação direta com os resultados de Dedeczek (1978), que trabalhou na mesma área, porém, com oito anos de dados.
- Os resultados indicam uma forte correlação entre o total precipitado no ano hidrológico e os valores de erosividade da chuva.
- Comparando-se as curvas de correlação geradas neste trabalho com aquelas determinadas com os dados apresentados por Dedeczek (1978), percebe-se, de forma geral, um pequeno aumento na erosividade da chuva em relação ao total precipitado no ano hidrológico, o que pode ser um indicativo de mudanças no regime de chuvas (intensidade, duração e frequência).
- Utilizando os dados medidos neste trabalho e aqueles levantados por Dedeczek (1978), obteve-se uma única relação entre o total anual precipitado e o valor anual de erosividade da chuva ($R^2 = 0,9595$). Utilizando essa correlação na série histórica de dados de precipitação da Estação CPAC-Principal (1974-2013), tem-se um valor médio da erosividade da chuva na região de 9.982 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G.; **Koppen's climate classification map for Brazil**. In: Meteorologische Zeitschrift. v. 22. n. 6. p. 711–728. 2014.

BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. **Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí – RS**. In: Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 2014. 9ª edição.

DEDECEK, R. A. **Fatores de Erosividade da Chuva, Enxurrada e Perdas de Solo sob Condições de Cerrado**. In: Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília – DF. v. 23. n. 12. p.1431-1438. dez 1988.

DEDECEK, R. A. **Capacidade Erosiva das Chuvas de Brasília - DF**. In: 11º Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. Passo Fundo – RS. 24 - 28 abril. 1978.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP)**. In: Bragantia. v. 51 n. 2. Campinas – SP. 1992.

FERRARI, J. A.; AMARAL, R. do; ARMANI, G.; HIRUMA, S. T. **A Erosividade das Chuvas nos Planaltos Cársticos do Vale Do Rio Betari, Iporanga – SP**. In: Revista do Instituto Geológico. São Paulo. v. 32 n. 1-2. p. 1-10. 2011.

FERREIRA, Á da S.; LIMA J. E. F. W; ALMEIDA, F. P. de S.; RIBEIRO, M. A.; ANDRADE, H. S. de. **Calibração de Pluviômetros de Bâscula Automáticos do Laboratório de Hidrometria da Embrapa Cerrados**. Seção de pôster apresentado em: Encontro de Iniciação Científica da Embrapa Cerrados – Jovens Talentos 2015. Brasília – DF. 23 – 24 set. 2015.

MARQUES, J. J. G. de S.; ALVARENGA, R. C.; CURI, N. **Erosividade das chuvas da região de Sete Lagoas, MG**. In: **XIII Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo**. 4 – 8 ago. Águas de Lindóia – SP. 1996.

MACHADO, D. O.; SOBRINHO, T. A.; RIBEIRO, A. da S.; IDE, C. N.; OLIVEIRA, P. T. **S. Erosividade da chuva para o bioma Pantanal**. In: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. v.19 n.2. p. 195-202. abr/jun 2014.

MORGAN, ROY, P. C. **Erosion y Conservacion de Suelos**. S, A. Mundi-Prensa Libros, 1997.

OLIVEIRA, P. T. S. de; YOULTON, C.; OLIVEIRA, D. B. B.; ALVES SOBRINHO, T.; WENDLAND, E.; MENDIONDO, E. M. **Estimativa do Índice de Erosividade e Obtenção de Padrões de Precipitação usando Séries Curtas de Dados**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió – AL. 2011.

SANTOS, H. G. dos; CARVALHO JUNIOR, W. de; DART, R. de O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S. de.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. da S.; OLIVEIRA, A. P. de. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Rio de janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2011.

SILVA, A. M. da. **Rainfall erosivity map for Brazil**. In: Catena 57. Elsevier B.V. p. 251-259. 2003.

SILVA, M. L. N.; FREITAS P. L. de; BLANCANEAU P.; CURI N. **Índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia - GO**. In: Pesquisa agropecuária brasileira. v. 32. n. 10. p. 977 – 985. out. 1997.

WISCHMEIER, W. H. **A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation**. In: Soil Science Society of America Journal. p. 246 – 249. 1959.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning**. U.S. Department of Agriculture. Washington – DC. Agriculture Handbook, 537. 1978.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Rainfall energy and its relationship to soil loss**. In: Transactions American Geophysical Union. v. 39. p. 285-291. 1958.